



Munich Personal RePEc Archive

Impacts of precision agriculture on Brazilian economy

Costa, Cinthia Cabral da and Guilhoto, Joaquim José
Martins

Embrapa Instrumentação, Universidade de São Paulo

2012

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/53979/>

MPRA Paper No. 53979, posted 27 Feb 2014 13:28 UTC

Impactos da agricultura de precisão na economia brasileira

Cinthia Cabral da Costa^{1*}, Joaquim José Martins Guilhoto^{2*}

¹ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil

² Professor Titular, Departamento de Economia, Universidade de São Paulo – FEA/USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 908, FEA 2, Cidade Universitária, CEP 05508-010, São Paulo, SP, Brasil

*e-mail: cinthia-costa@bol.com.br; guilhoto@usp.br

Resumo: Com o objetivo de estimar o potencial impacto da adoção das principais técnicas de agricultura de precisão na agricultura brasileira sobre fatores socioeconômicos no país, este estudo utilizou uma ampla revisão bibliográfica dos principais resultados que as técnicas de agricultura de precisão promovem e simulou seus impactos na agricultura brasileira. Para isto, foi considerado o potencial da atividade agrícola que pode ser beneficiada por estas tecnologias. A seguir, os impactos foram analisados utilizando a matriz insumo-produto do país com os principais produtos analisados desagregados como setores individualizados. Os produtos analisados foram: cana-de-açúcar; milho e soja. Observou-se que um cenário de aumento de 10% na produtividade apresenta impactos na economia poderiam aumentar R\$ 11 bilhões no PIB e mais de 450 mil empregos. Já um cenário de redução no uso de fertilizante não mostrou impactos sócioeconômicos favoráveis considerando toda a economia brasileira.

Palavras-chave: emprego, produto interno bruto, estimação, produtividade, uso de insumos.

Impacts of precision agriculture in the Brazilian economy

Abstract: In order to estimate the potential impact of the adoption of the main techniques of precision agriculture in the Brazilian agriculture on socio-economic development, this study used an extensive bibliographic review of the main results that the techniques of precision agriculture and simulated impacts in agriculture. For this, was considered the potential of agricultural activity that can be benefited by these technology. The following impacts were analyzed using the input-output matrix of the country with the main products analyzed as individual sectors. The products analyzed were: sugarcane, corn and soybeans. It was observed that a scenario of a 10% increase in productivity indicated that the impacts on the economy could be increased from \$ 11 billion in GDP and more than 450.000 jobs. However, a scenario of reduced use of fertilizer did not show favorable socio-economic impacts considering the impacts in Brazilian economy.

Keywords: employment, gross domestic product, estimating, productivity, input use.



1. Introdução

Este estudo buscou estimar o impacto potencial da adoção das principais técnicas de agricultura de precisão na agricultura brasileira sobre fatores socioeconômicos no país. A lucratividade ou não das técnicas e sua mensuração não foram objetivo desta análise. Entretanto, foram considerados como potenciais para uso da técnica as condições identificadas em outros estudos como àquelas favoráveis a obtenção de lucro. Neste sentido, os principais benefícios gerados por esta tecnologia (ou conjunto de tecnologias que estão associadas ao sistema de agricultura de precisão) são um ou mais de um dos listados a seguir: i) redução nos custos pela diminuição no uso de insumos agrícolas; ii) redução na poluição da água e do ambiente e; iii) aumento da produtividade agrícola pela aplicação mais eficiente dos insumos.

Conforme descrito por Plant (2001), a agricultura de precisão ou manejo sítio-específico é o manejo de lavouras agrícolas ou pecuárias em escala espacial menor do que aquela normalmente adotada para toda a lavoura. Segundo este autor, muitos agricultores irão decidir por adotar as práticas do manejo sítio-específico e começar a influenciar e aprender o uso da tecnologia somente quando eles forem convencidos que o tempo e o dinheiro gasto são justificados pela melhoria na produtividade ou redução de custos ou de riscos. Neste sentido, este autor cita Miller et al. (1999) que lista três critérios necessários para justificar a introdução destas práticas. São eles: i) que haja uma significativa variabilidade espacial na fazenda em fatores que influenciam a produtividade; ii) que as causas desta variabilidade possam ser identificadas e mensuradas e; iii) que a informação destas medidas possam ser utilizadas para modificar as práticas para aumentar o lucro ou reduzir os impactos ambientais. Desta forma entende-se que os benefícios do uso da agricultura de precisão devem ser analisados caso a caso. Entretanto, este estudo buscou traçar um cenário geral para identificar os impactos com base nos benefícios originadas pelo uso da técnica na agricultura brasileira. Esta consideração deve ser entendida como uma hipótese e, portanto, uma limitação dos resultados obtidos.

Um levantamento realizado por Whipker e Akridge (2009) mostrou que, para uma amostra dos produtores rurais nos EUA, no ano de 2009: 85% deles utilizaram alguma técnica de agricultura de precisão em algum momento da produção. Destes, 62,6% utilizam os métodos de agricultura de precisão para aplicação de fertilizantes e 55,5% utilizam para aplicação de pesticidas. Já no Brasil, apesar de não existir levantamentos desta natureza, sabe-se que o uso maciço da agricultura de precisão não é uma realidade. Assim, outra pressuposição adotada neste estudo é a de que os benefícios da técnica ainda ocorrerão para o potencial da agricultura que pode ser beneficiada e que as técnicas adotadas serão utilizadas para aplicação de fertilizantes.

2. Material e métodos

Para alcançar os resultados esperados neste trabalho inicialmente foi necessária uma compilação de resultados de diversos estudos que tratam do tema de agricultura de precisão. A seguir, uma análise sobre as condições da agricultura brasileira e do potencial de adoção da técnica foi realizado. Para isto foram analisadas as informações do último censo agropecuário do país, do ano de 2006. Com base nos resultados de ambas revisões foram traçados panoramas e elaborados cenários para identificar os possíveis impactos da adoção da agricultura de precisão na economia brasileira. Os impactos sócio-econômicos analisados foram: número de empregos; valor das remunerações; valor da produção; valor das importações e produto interno bruto (PIB). Para isto foram realizados choques, provenientes dos cenários a serem estabelecidos, e foi analisada a dispersão de seus resultados na economia brasileira utilizando a análise da matriz insumo-produto (MIP). Os choques da prática da agricultura de precisão utilizados foram: a) aumento de produtividade das culturas e b) redução no uso de fertilizantes químicos. Foi utilizada a MIP do Brasil estimada com base nas Contas Nacionais referente ao ano de 2006, onde os produtos analisados encontram-se desagregados em setores específicos.

3. Resultados e discussão

Apesar do foco aqui ser o impacto na agricultura e na economia do Brasil, a maior parte das revisões não se restringe a análises feitas para as condições brasileiras, em função da existência de ainda poucos estudos para as nossas condições. Nas revisões observou-se que, além da diversidade dos estudos no que se refere ao produto agrícola analisado e ao insumo avaliado sob condição de aplicação dos métodos da agricultura de precisão, algumas outras características importantes os distinguem. Na Tabela 1 são descritos os resultados dos estudos que estimam impactos sobre o uso dos insumos e, ou, produtividade.

Observando os resultados apresentados na Tabela 1, a conclusão é que não há um padrão para alterações no uso de insumos e da produtividade. Verificou-se que há uma grande diversidade de resultados considerando a aplicação diferenciada de insumo em relação à aplicação uniforme. Tal diversidade não é motivada pelo produto agrícola, uma vez que houve também grandes variações para o mesmo produto. Assim, a diversidade de resultados deve ser mais bem avaliada na condução de estudos

futuros com o mesmo propósito. Desta revisão também se verificou que a redução no consumo de fertilizantes químicos tem sido o alvo principal dos impactos no uso de técnicas de agricultura de precisão.

Apesar dos benefícios citados, os trabalhos que apresentam resultados inconsistentes em termos dos benefícios financeiros das técnicas de agricultura de precisão para o produtor não são raros. Isto não significa que a técnica não seja ou não possa se tornar eficiente. Como descrito pelos próprios autores destes trabalhos, há situações nas quais a agricultura de precisão pode ser mais ou menos eficiente.

Segundo Tekin (2010), o principal fator para a implementação da agricultura de precisão é o grau de variabilidade, onde maiores graus facilitam a implementação. Adicionalmente a esta idéia, Molin (1997) descreve que normalmente existe uma variabilidade muito grande nas propriedades do solo e que esta variabilidade cresce com o tamanho da lavoura. Áreas com fertilidade muito baixa ou muito alta tendem também a ser mais homogêneas

Tabela 1. Estudos sobre o impacto da agricultura de precisão (aplicação diferenciada de insumos) sobre o consumo dos insumos agrícolas e sobre a produtividade em relação ao uso uniforme dos insumos.

Fonte	Produto analisado	Insumo avaliado	Variação no uso do insumo	Variação na Produtividade
Griepentrog e Kyhn (2000)	Trigo e barley	N	-36%	-
Mckinion et al. (2001)	Algodão	N e água	+2,6 cm/ha de água; -35 kg/ha de N	+322 kg/ha
Ahmad, Supalla e Miller (1997)	Milho	N e água	-18,4% para N; -5,9% de água	-4,6%
Stone et al. (1996)	Trigo	N	até -50%	
Koch et al. (2003)	Milho	N	-46%	
Menegatti et al. (2006)	Cana-de-açúcar	Calcário, gesso e P	-15% custos	+9%
Ruffo et al. (2008)	Etanol de milho	N	-36%	+0,7
Hedley e Yule (2008)	Milho e pastagem	Água de irrigação	-26,3% no milho; -21,8% na pastagem	
Bonfil et al. (2008)	trigo	N	+73 kg/ha	+8%
Molin et al. (2010)	Café	P e K	-13% de P; +13% de K	+34%
Barbieri et al. (2008)	Cana-de-açúcar	Calcário dolomítico	-30%	-
Lopes e Molin (2010)	Citrus	P, K e calcário	-27% de calcário; -53,5% de P; -47,5% de K	-
Faulin, Molin e Stanislavski (2010)	Café	N, P e K	-2% de N; -1% de P e +7% de K	+2%
Acosta et al. (2010)	Arroz	N, P e K	+6% de N; +75% de P e +80% de K	+3%

Nota: P indica fósforo; K representa o potássio e N é o nitrogênio.

e, portanto, a responder menos às técnicas de agricultura de precisão. Corroborando em esta idéia, English, Roberts e Larson (2000) descrevem que a maior diversidade dos solos está diretamente correlacionada com a efetividade no uso da agricultura de precisão.

Plant (2001) descreve que uma das críticas às práticas da agricultura de precisão é que provém mais benefícios para os grandes produtores agrícolas. Segundo este autor, um argumento comum é que grandes propriedades são economicamente e agronomicamente ineficientes porque não levam em conta a variabilidade inerente. Entretanto, isto não é a realidade em países como o Brasil onde os produtores menores são, também, menos capitalizados para investir em insumos que aumentam a produtividade das suas lavouras. Mas esta é mais uma indicação de que os efeitos benéficos destas práticas são mais restritos a grandes áreas de lavouras.

Dada estas considerações, parte-se para a segunda parte da obtenção dos dados para esta análise, que é identificar o potencial desta prática para as condições brasileiras. A produção agropecuária no censo de 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011a) está separada em 9 categorias: lavoura temporária; horticultura e floricultura; lavoura permanente; sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal; pecuária e criação de outros animais; produção florestal – plantadas; produção florestal – nativas; pesca e aquicultura. Uma vez que a agricultura de precisão se beneficia quando utilizada em áreas mais extensas, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011a), das categorias descritas tem-se que a pecuária ocupa maior área (62% do total com área média das propriedades de 90 ha), seguido das lavouras temporárias (25% do total e área média das propriedades de 44 ha) e das lavouras permanentes (6% da área agrícola total e área média das propriedades de 34 ha). Entretanto, conforme observado na Tabela 1, os estudos de avaliação das técnicas de agricultura de precisão contemplam a produção agrícola de lavouras temporárias ou permanentes.

Assim, considerando as lavouras temporárias, dados do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011a) mostram que 63% do valor da produção destas lavouras ocorreram em lavouras com mais de 100 ha. Já para as lavouras permanentes este percentual caiu para 42%. Em termos de área plantada, 53% das lavouras temporárias estão em áreas com mais de 100 ha e 48% das lavouras permanentes se encontram em áreas de mais de 100 ha. O tamanho de 100 ha adotado para esta descrição é considerado de grande extensão para uma lavoura e, portanto, com boas possibilidades de uso da agricultura de precisão. Foram também as lavouras com mais de 100 ha que mais gastaram em investimentos no ano de 2006. Cerca de 30% delas compraram máquinas e implementos novos e cerca de 20% compraram tratores novos.

Entretanto, considerar o total de lavouras temporárias ou permanentes na análise pode acarretar em erros uma vez que cada cultura pode ter características muito diferenciadas uma da outra. Assim, dentre as lavouras foram selecionadas para análise neste estudo aqueles produtos que mais se destacaram no censo de 2006. Desta maneira foram escolhidos os produtos: cana-de-açúcar (27% do valor da produção e 11% da área plantada com lavouras temporárias); milho (16% e 24%, respectivamente do valor da produção e da área plantada com lavouras temporárias) e soja (24% do valor da produção e 32% da área plantada com lavouras temporárias). Estes três produtos corresponderam a 67% do valor da produção e da área com lavoura temporária no país para o ano de 2006.

Uma vez que os resultados encontrados na Tabela 1 não foram convergentes, foram simulados 2 cenários considerando a área cultivada de lavouras com mais de 100 ha para os produtos selecionados. Os cenários foram: 1) 10% de aumento de produtividade; 2) 10% de redução de consumo de fertilizantes.

Considerando dados da Produção Agrícola Municipal - PAM (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011b) foram calculados o preço e a produtividade de cada um destes produtos. Multiplicadas estas variáveis pela

área total colhida em propriedades com mais de 100 ha, tem-se o valor de produção equivalente para estas áreas. Entretanto, parte da produção é processada. Assim, este percentual foi considerado, utilizando para isto as informações da própria MIP e considerando apenas o processamento principal para cada produto: açúcar e etanol para a cana-de-açúcar; ração animal para o milho; beneficiamento de produto vegetal (óleo e farelo) para a soja. Assim, o choque para o cenário base, sobre o qual os choques provenientes do uso da agricultura de precisão foram comparados, correspondeu à: R\$ 3.564 milhões de milho; R\$ 7.273 milhões de soja; R\$ 19.403 milhões de açúcar (utilizando 50% da cana); R\$ 11.542 milhões de etanol (utilizando os demais 50% da cana); R\$ 3.943 milhões de ração e R\$ 19.105 milhões de óleo e farelo de soja. Estes foram também os valores dos choques utilizados no cenário 2. Entretanto, neste último cenário, para os setores correspondentes à produção da cana-de-açúcar, do milho e da soja, o coeficiente de uso de adubos e fertilizantes foi reduzido em 10% e a diferença em relação ao valor da produção correspondente a esta economia foi incluída como lucro para o produtor. Já para o cenário 1, o aumento de 10% na produtividade foi adicionado levando a novos valores calculados para os choques que foram exatamente 10% superiores aos valores descritos anteriormente (o aumento na produção dos produtos processados foi considerado dada a hipótese de que os demais insumos utilizados para sua produção estarão disponíveis). Além desta mudança nos valores dos choques, os coeficientes de uso de insumos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja também foram alterados para o cenário 1. Neste caso houve uma redução de 10% no uso de todos os insumos e aumento correspondente no lucro do produtor de maneira a simular os impactos do aumento de 10% na produtividade.

A partir destes cenários, na Tabela 2 são apresentados os resultados dos impactos diretos, indiretos e de efeito renda resultantes da diferença entre os resultados do choque do cenário base e os resultados apresentados pelos choques descritos nos cenários 1 e 2.

Observa-se que os resultados sócio-econômico favoráveis para a economia brasileira, comparado ao cenário base, ocorreram apenas pela simulação do choque do cenário 1, ou seja, considerando o aumento de produtividade. Neste caso, os ganhos na economia foram da ordem de R\$ 20 bilhões de produção; R\$ 10,8 bilhões de PIB; R\$ 3 bilhões de remuneração e cerca de 455 mil empregos. Observa-se, portanto, resultados positivos na economia, apesar do aumento nas importações (R\$ 0,6 bilhões). Já o cenário de redução no uso de fertilizantes, sem considerar o aumento na produtividade, apresentou perdas na economia da ordem de R\$ 0,9 bilhões de produção; R\$ 0,1 bilhão de PIB, R\$ 0,1 bilhão de remuneração e menos cerca de 14 mil empregos. Apenas as importações deram impacto positivo pela redução de R\$ 70 milhões. Este resultado ocorreu porque os impactos do ganho de renda por parte dos produtores foi inferior às perdas econômicas provocadas pela redução no consumo de fertilizantes.

Por outro lado, neste estudo não foram avaliados os impactos ambientais resultantes desta redução de consumo, os quais provavelmente ocorreram e devem ser considerados juntamente com os impactos sócio-econômicos para uma interpretação mais holística dos impactos da agricultura de precisão. Neste sentido percebe-se uma deficiência de estudos para as condições brasileiras. Muitos trabalhos sobre os impactos na redução de contaminação ambiental provocada pelas práticas da agricultura de precisão foram realizados, mas em outros países.

Tabela 2. Impactos socioeconômicos na economia brasileira resultantes da diferença entre o cenário base e os cenários considerando aumento de produtividade (cenário 1) ou redução no uso de fertilizante (cenário 2) pelo uso da agricultura de precisão.

	Produção	PIB	Remuneração	Importação	Emprego (número)
	(milhões de reais)				
Ganho no cenário 1	20.227	10.856	3.188	635	454.903
Ganho no cenário 2	(992)	(132)	(153)	(70)	(13.899)

4. Conclusões

Estudos relacionados aos impactos sobre a produção agrícola do uso de técnicas de agricultura de precisão precisam ser revistos dada a falta de convergência dos resultados obtidos.

Para as condições nacionais, são necessários também estudos relacionados à redução na poluição ambiental provocada por estas técnicas.

Este trabalho mostrou que se o benefício das técnicas de agricultura de precisão ocorrer sobre a produtividade agrícola, isto acarreta em benefícios sociais e econômicos para a economia brasileira. Entretanto, no caso do benefício ser apenas de redução do insumo (fertilizantes no caso analisado), apesar de poder acarretar em aumento de lucro para o produtor rural, o benefício para a economia como um todo não ocorre e a vantagem da técnica deve ser analisada no sentido da redução de poluição.

Referências

- ACOSTA, J. A. A.; BUSATO, M. R.; LONDERO, G. T.; LEMANSKI, C. L.; SANTI, O. G. R. Uso de técnicas de agricultura de precisão no manejo da adubação do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- AHMAD, S.; SUPALLA, R. J.; MILLER, W. Precision farming for profits and environmental quality: problems and opportunities. In: ANNUAL MEETING OF AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION, 1997, Toronto, Canadá. **Proceedings...** Toronto, 1997.
- BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SANCHES, R. B.; PAZETO, R. J.; SIQUEIRA, D. S. Dependência espacial dos custos de fertilizantes para aplicação em taxa variada em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.
- BONFIL, D. J.; MUFRADI, I.; ASIDO, S.; LONG, D. S. Precision nitrogen management based on nitrogen removal in rain fed wheat. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver, Colorado. **Proceedings...** Denver, 2008.
- ENGLISH, B. C.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A. **A logit analysis of precision farming technology adoption in Tennessee**. Knoxville: The University of Tennessee Agricultural Experiment Station, Department of Agricultural Economics, 2000.
- FAULIN, G. D. C.; MOLIN, J. P.; STANISLAVSKI, W. M. Influência da adubação em doses variáveis na produtividade da cultura do café (Cofeeia arábica L.) durante quatro safras consecutivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- GRIEPENTROG, H. W.; KYHN, M. Strategies for site specific fertilization in a highly productive agricultural region. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2000, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: University of Minnesota, 2000.
- HEDLEY, C. B.; YULE, I. J. A high resolution soil water status mapping method for irrigation scheduling and two variable rate scenarios for pasture and maize irrigation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver, Colorado. **Proceedings...** Denver, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2011a.
- _____. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2009/PAM2009_Publicacao_completa.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2011b.
- KOCH, B.; KHOSLA, R.; FRASIER, M.; WESTFALL, D. G. Economic feasibility of variable-rate nitrogen application in site specific management. In: WESTERN NUTRIENT MANAGEMENT CONFERENCE, 2003, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City, 2003. v. 5.
- LOPES, F. A.; MOLIN, J. P. Adubação em doses variadas em citrus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GÓES, S. L.; KORNDORFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agrônômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2006.
- MCKINION, J. M.; JENKINS, J. N.; AKINS, D.; TURNER, S. B.; WILLERS, J. L.; JALLAS, E.; WHISLER, F. D. Analysis of a precision agriculture approach to cotton production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 32, n. 3, 2001.

- MILLER, R.O.; PETTYGROVE, S.; DENISON, R.F.; JACKSON, L.; CAHN, M.; PLANT, R.; KEARNY, T. Site-specific relationships among flag leaf nitrogen, SPAD meter values and grain protein in irrigated wheat. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1999, Madison. **Proceedings...** Madison: American Society of Agronomy, 1999. p.113-122.
- MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte 2: diagnóstico, aplicação localizada e considerações econômicas. **Engenharia Agrícola**, v. 17, n. 2, p. 108-121, 1997.
- MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, A. V. A.; FRASSON, F. R.; FAULIN, G. D. C.; TOSTA, W. Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 4, p. 569-575, 2010.
- PLANT, R. E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. **Journal of Computers and Electronics in Agriculture**, v. 30, p. 9-29, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00152-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00152-6)
- RUFFO, M. L.; HENNINGER, A. S.; WIEBERS, M.; BELOW, E. Spatial variability of corn grain and ethanol responses to nitrogen fertilizer. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver, Colorado. **Proceedings...** Denver, 2008.
- STONE, M. L.; SOLIE, J. B.; RAUN, W. R.; TAYLOR, S. L.; RINGER, J. D.; WHITNEY, R. W. Use of spectral radiance for correcting in season fertilizer nitrogen deficiencies in winter wheat. **Transactions of the ASABE**, v. 39, n. 5, 1996.
- TEKIN, A. B. Variable rate fertilizer application in Turkish wheat agriculture: economic assessment. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 647-652, 2010.
- WHIPKER, L. D.; AKRIDGE, J. T. **Precision Agricultural Services: Dealership Survey Results**. Center for Food and Agricultural Business at Purdue University, 2009. Working Paper n. 09-16.